Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Paper
Vol. 15, No.3, Fall 2023, p. 333-350

Effects of Processing Methods of Barley Grain and Non-Protein Nitrogen Sources on Rumen Degradability Characteristics, Gas Production and Microbial Protein Synthesis in Afshari Breeding Fattening Lambs

Bahman Ghorbani[1]*, Yadollah Chashnidel[2], Asadollah Teimouri Yansaari[3] and Abdolhakim Toghdory[4]

Received: 15-07-2022
Revised: 27-06-2022
Accepted: 11-12-2022
Available Online: 11-12-2022

How to cite this article:
Ghorbani, B., Chashnidel, Y., Teimouri Yansaari, A., & Toghdory, A. (2023). Effects of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on rumen degradability characteristics, gas production and microbial protein synthesis in Afshari breeding fattening lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *15*(3), 333-350.
DOI: 10.22067/ijasr.2022.77937.1091

Introduction: Lack of animal feed, especially with development of industrial methods of animal husbandry waste in many parts of the world, has led farmers and researchers to try identifying and using agricultural and livestock waste and new food sources for animal nutrition, including poultry manure and urea is mentioned in the diet of ruminants. Due to the fact that no research has been done on the effect of barley grain processing methods and non-protein nitrogen sources in the diet on rumen degradability, gas production and microbial protein synthesis in sheep, the present study was conducted.

Materials and Methods: This experiment was conducted in a completely randomized design with seven treatments including a control treatment containing whole barley grain (without milling) and without urea and chicken manure, treatments 2, 3 and 4 containing processing method of milling, filling and pelleting with a certain level of urea, respectively. (1%) And treatments 5, 6 and 7 containing processing methods of milling, filling and pelleting with a certain level of poultry manure (12%) were performed on sheep. Each treatment consisted of 5 fattening lambs at the age of 3 months 24±1 which were kept individually in separate cages for 14 days of acclimatization period and 84 days of fattening period. In the second experiment, rumen degradability of dry matter, crude protein and NDF of experimental diets were measured using a nylon bag method with 3 fistulated male sheep that were fed in the maintenance level. Extent and rate of gas production were done based on Menk and Stingas. The NH3-N concentration was determined following the Broderick and Kang (1980) technique. Purine derivatives and was measured by the method of Chen and Gomes (1995). Rumen fluid was collected for 5 consecutive days in the end of each period and ruminal fermentation parameters containing pH and NH3-N and were determined. Urine of sheep was collected end of each period for 5 days and microbial protein synthesis was estimated by measuring purine base. Data were analyzed using SAS software version 9.9 (54) using GLM procedure.

Results and Discussion: The apparent digestibility of dry matter and organic matter were significantly different, and the control treatment (whole barley grain without urea and poultry manure) had the highest apparent digestibility. Digestibility in non-fibrous carbohydrates was significantly different, so that treatment 5 (processing method of milling with poultry manure) had the highest apparent digestibility. Different parameters of degradability of dry matter, crude protein and insoluble fibers in neutral detergent of experimental treatments indicated significant differences between treatments ($P<0.05$). Barley grain processing with non-protein nitrogen sources caused a significant difference in the fast decomposing part, slow decomposing part and degradable part

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Associate Professor and Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, respectively.
4- Assistant Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Animal Sciences Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
*Corresponding Author's Email: Bahman403091@yahoo.com

of dry matter, crude protein and insoluble fibers in the crude protein neutral detergent of experimental treatments. Effective degradability of dry matter, crude protein and insoluble fibers in neutral detergent at 2, 4 and 6% per hour passage rates had a significant difference between experimental treatments. The results showed that there was a significant difference between the experimental treatments in terms of gas production parameters and the amount of gas produced in 96 hours ($P<0.05$). There was a significant difference between experimental treatments in terms of digestibility of organic matter, amount of metabolizable energy and concentration of short-chain volatile fatty acids. The highest pH was assigned to treatment 7 (6.30) and the lowest pH was assigned to treatment 1 (6.10). Ammonia nitrogen had a significant difference in experimental treatments. The highest ammonia nitrogen was related to treatment 5 (11.45 mg/dL) and the lowest ammonia nitrogen was related to treatment 3 (10.38 mg/dL). The excretion rate of each of the purine derivatives (allantoin, uric acid, xanthine + hypoxanthine) and the total urinary excretion of purine derivatives and the amount of microbial protein synthesized in the rumen were affected by the test diets and the observed difference was significant ($P<0.05$). There was a significant difference in rumen pH in experimental treatments. The results showed that barley grain processing methods with non-protein nitrogen sources had a significant effect on rumen degradability, gas production, rumen parameters and microbial protein synthesis compared to the control group.

Conclusion: In general, the use of urea (1%) and poultry manure (12%) with different methods of barley grain processing without negative effects on rumen degradability, rumen liquid parameters and gas production in terms of microbial protein synthesis can be useful.

Keywords: Gas production, Microbial protein synthesis, Non-protein nitrogen, Rumen degradability

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، ص. ۳۵۰-۳۳۳

اثر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی جیره غذایی بر خصوصیات تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، تولید گاز و تولید پروتئین میکروبی در بره‌های پرواری نژاد افشاری

بهمن قربانی[1*]، یداله چاشنی دل[2]، اسداله تیموری یانسری[3]، عبدالحکیم توغدری[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۰

چکیده

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار شامل گروه شاهد حاوی دانه جو کامل (بدون فرآوری) و بدون اوره و کود مرغی، تیمارهای ۲ و ۳ و ۴ به‌ترتیب با روش‌های فرآوری مختلف آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین اوره (۱ درصد) و تیمارهای ۵ و ۶ و ۷ به‌ترتیب با روش‌های فرآوری مختلف آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین کود مرغی (۱۲ درصد) روی بره‌های نر نژاد افشاری انجام گرفت. نتایج نشان دادند، روش‌های فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی تأثیر معنی‌داری بر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و ماده آلی داشت. پارامترهای مختلف تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها را نشان داد. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با سرعت عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری داشت. نتایج نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر پارامترهای تولید گاز و میزان گاز تولیدی در ۹۶ ساعت، قابلیت هضم مواد آلی، میزان انرژی قابل متابولیسم و غلظت اسیدهای چرب فرار با زنجیره کوتاه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. میزان دفع هر یک از مشتقات پورین (آلانتوئین، اسید اوریک، گزانتین + هیپوگزانتین) و دفع کل مشتقات پورین از طریق ادرار و میزان پروتئین میکروبی سنتز شده در شکمبه تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفت و تفاوت مشاهده شده معنی‌دار بود. تفاوت معنی‌داری در pH شکمبه و نیتروژن آمونیاکی در تیمارهای آزمایشی وجود داشت. به‌طور کلی، استفاده از اوره (۱ درصد) و کود مرغی (۱۲ درصد) با روش‌های مختلف فرآوری دانه جو بدون اثرات منفی بر تجزیه‌پذیری شکمبه-ای، فراسنجه‌های شکمبه‌ای مایع و تولید گاز از نظر تولید پروتئین میکروبی می‌تواند مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: تولید گاز، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، تولید پروتئین میکروبی، نیتروژن غیرپروتئینی

مقدمه

کاهش هزینه تولید در بخش دامپروری، یکی از اولویت‌های اصلی این صنعت می‌باشد. برای این منظور، استفاده بهینه از منابع خوراکی مورد توجه اکثر دامپروران می‌باشد. کاربرد محصولات جانبی کشاورزی و ارزان قیمت و فرآوری این مواد، از راهکارهای پیشنهاد شده برای این منظور می‌باشد. فرآوری مواد خوراکی ممکن است باعث افزایش عملکرد در دام گردد. امّا استفاده از این روش‌ها به‌دلیل هزینه‌بر بودن، باید از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد. در همین رابطه، برخی از روش‌های فرآوری دانه غلات مورد توجه قرار گرفته است. فرآوری (تغییر شکل فیزیکی) دانه غلات باعث بهبود استفاده از نشاسته در شکمبه شده و بدین طریق سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه افزایش می‌یابد (Tothi *et al.*, 2003). دانه غلات یکی از مهم‌ترین مواد غذایی در جیره نشخوارکنندگان اهلی است. این دسته از مواد خوراکی به‌عنوان منبع انرژی در تغذیه گوسفند و بز استفاده می‌شوند. فرآوری دانه غلات امروزه به صورت‌های مختلفی مانند فرآوری به‌روش گرم، خشک، مرطوب و سرد انجام می‌گیرد. دانه غلات به‌خصوص دانه جو به‌عنوان منبع غالب تأمین انرژی در جیره

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
۴- استادیار گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: Bahman403091@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ijasr.2022.77937.1091

نشخوارکنندگان در اغلب نقاط دنیا مخصوصاً در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین علی‌رغم درصد کم پروتئین دانه جو، به‌علت میزان مصرف زیاد این ماده در جیره، تأمین قسمت قابل‌توجهی از پروتئین جیره را به خود اختصاص می‌دهد. از طرفی، میزان تجزیه-پذیری این پروتئین در شکمبه بسیار زیاد است که این مسئله موجب کاهش ارزش تغذیه‌ای آن و همچنین بروز مشکلات باروری برای دام‌های تازه‌زا و پرتولید می‌شود (Matison, 1996; McAllister *et al.*, 1992). کود مرغی از(فرآورده‌های جانبی مرغداری محسوب می‌شود که حاوی مواد مغذی زیادی است و قابلیت استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان را دارد. ارزش غذایی کود مرغی تحت تأثیر عواملی مانند مواد استفاده شده در بستر پرورش، نوع جیره غذایی مصرف شده و مدیریت تغذیه در واحدهای مرغداری و نیز روش‌های فرآوری کود به‌دست آمده قرار می‌گیرد (Fazaeli *et al.*, 2013b). با توجه به اینکه پروتئین گران‌ترین ماده مغذی در جیره غذایی محسوب می‌شود، کود مرغی را می‌توان به‌عنوان مکملی پروتئینی به‌جای بخشی از منابع پروتئینی متداول در جیره غذایی نشخوارکنندگان مصرف کرد (Jordaan, 2004). اوره یکی از راه‌های ارزان ارائه نیتروژن غیر-پروتئینی مصرفی قابل‌تجزیه به نشخوارکنندگان است. بنابراین، اگر بتوان بخشی از نیازهای پروتئینی دام‌های نشخوارکننده را با یک منبع نیتروژن غیرپروتئینی جایگزین کرد، هزینه خوراک کاهش می‌یابد (Chizzotti *et al.*, 2008). نوع منبع پروتئین به‌کار رفته در جیره نشخوارکنندگان نیز تأثیر عمده‌ای بر الگوی تخمیر شکمبه دارد (Afshar *et al.*, 2015). به‌عبارت دیگر، همزمانی تخمیر نشاسته با تجزیه منبع نیتروژن برای حداکثر رشد ریزجانداران شکمبه لازم و ضروری است و اگر سرعت تولید آمونیاک در شکمبه بیشتر از سرعت مصرف آن توسط میکروب‌های شکمبه باشد، باعث هدرروی نیتروژن می‌شود (Sinclair *et al.*, 1993). گزارش شده است که سرعت تجزیه شدن منبع نیتروژن بر میزان هضم مواد مغذی جیره مؤثر است (Khalid *et al.*, 2012). برای شکسته شدن پوسته فیبری و پریکارپ دانه جو و امکان دسترسی آنزیم‌های میکروبی به ساختمان-های داخلی، فرآوری ضروری است (Koenig *et al.*, 2003). هدف فرآوری دانه‌ها، بهتر کردن قابلیت دسترسی انرژی و نشاسته در شکمبه بوسیله حداکثر کردن مقدار هضم کربوهیدرات‌هاست، درحالی‌که سرعت هضم آن‌ها کنترل شود (Koenig *et al.*, 2003). فرآوری دانه غلات وسیله‌ای است که احتمالاً می‌توان با آن نسبت پروتئین قابل دسترس در شکمبه به کربوهیدرات قابل تخمیر را تنظیم کرد و راندمان استفاده از نیتروژن را قدری افزایش داد (Tothi *et al.*, 2003). بوچمن و همکاران (Beauchemin *et al.*, 2011) گزارش کردند که قابلیت هضم نشاسته در کل دستگاه گوارش با فرآوری دانه جو افزایش داشته، امّا هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در دانه جو فرآوری شده، در گوساله‌های پرواری تحت تأثیر قرار نگرفت و همچنین قابلیت هضم پروتئین خام آن در شکمبه معنی‌دار نبود، امّا تمایل به افزایش قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش با فرآوری دانه جو وجود داشته است. تغذیه دانه جو با اوره، موجب کاهش سرعت تجزیه ماده خشک، کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین و نشاسته در شکمبه بدون اثر منفی بر قابلیت هضم بعد از شکمبه بر اثر آمونیاکی کردن جو مشاهده شده است (Campling, 1991). همچنین، مصرف همزمان دانه جو با کنجاله سویا و در مقابل، مصرف همزمان دانه جو با اوره به‌ترتیب به‌دلیل همزمانی و عدم همزمانی در تأمین انرژی و نیتروژن، سبب افزایش و کاهش ابقای نیتروژن در بره‌های در حال رشد شد (Sinclair *et al.*, 1993). الامام و همکاران (Elemam *et al.*, 2009) در نتیجه افزودن کود مرغی فرآوری شده در جیره (در سطح ۳۰ و ۴۵ درصد) تأثیر معنی‌داری را بر ضریب تبدیل غذایی مشاهده کردند که احتمالاً به‌دلیل کاهش تراکم انرژی کود مرغی (در زمانی که مقدار یا نسبت مصرف آن در جیره غذایی نسبتاً زیاد باشد)، مربوط است. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2018) با بررسی تغذیه سطوح مختلف بستر جوجه‌های گوشتی در جیره در بره‌های پرواری نژاد قزل، اعلام کردند اختلاف معنی‌داری در ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک نشان نداد، ولی بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن روزانه، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی مشاهده شد. به‌هر صورت تفاوت در سن و نژاد حیوانات، ترکیبات جیره، مدیریت و محیط‌های متغیر می‌تواند سبب تفاوت در بین مطالعات انجام شده باشد. پژوهش‌های زیادی در زمینه تأثیر فرآوری غلات در تغذیه گوسفند، انجام شده است، ولی این تحقیقات در استفاده از منبع پروتئین حقیقی و یا نیتروژن غیر پروتئینی همراه با فرآوری غلات در تغذیه گوسفند محدود بوده است. به نظر می‌رسد، نوع منبع نیتروژن مصرف‌شده در جیره غذایی ممکن است بازده غذایی دانه جو فرآوری شده را تغییر دهد. با توجه به اینکه تحقیقی در زمینه اثر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی جیره غذایی بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای، تولید گاز و سنتز پروتئین میکروبی در بره-های پرواری به‌خصوص در نژاد افشاری انجام نشده بود، لذا بر این اساس تحقیق حاضر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب دو آزمایش انجام شد: آزمایش اول در مزرعه خصوصی پرورش گوسفند واقع در استان گلستان، شهرستان مراوه‌تپه، در بهار و تابستان ۱۴۰۰ انجام شد. تعداد ۳۵ رأس بره نر پرواری آمیخته افشاری، با متوسط سن سه ماه و میانگین وزن اولیه ۱±۲۴ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی در هفت تیمار و پنج تکرار قرار گرفت. بره‌ها در طول آزمایش به‌مدت ۸۴ روز درقفس‌های انفرادی

قرار داشتند. جیره دام‌ها با نرم‌افزار سیستم تغذیه نشخوارکنندگان کوچک[1] تنظیم شد (۴۶). تیمارهای آزمایشی شامل گروه شاهد با مصرف جیره حاوی دانه جو کامل و بدون افزودن اوره و کود مرغی (ترکیبات شیمیایی کود مرغی شامل ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، خاکستر، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌ترتیب ۸۹، ۲۳٫۷، ۲٫۴۴، ۱۴٫۷۲، ۳۴ و ۱۹٫۷ درصد)، تیمارهای ۲و ۳ و ۴ به‌ترتیب با مصرف جیره حاوی روش فرآوری آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین اوره (۱ درصد) و تیمارهای ۵ و ۶ و ۷ به‌ترتیب حاوی روش فرآوری آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین کود مرغی (۱۲ درصد) می‌باشد. اقلام خوراکی مورد استفاده در جیره، مقدار و ترکیبات شیمیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. خوراک روزانه به‌صورت کاملاً مخلوط[2] در دو نوبت ساعات ۷ صبح و ۱۹ عصر در اختیار دام‌های آزمایشی قرار گرفت. مصرف خوراک به‌صورت اختیاری بود، بر اساس تعیین اشتهای حیوانات در دوره عادت‌پذیری و بر اساس باقی‌مانده ۱۰ درصد پس آخور در قبل از هر روز خوراک‌دهی و مصرف آب به‌صورت آزاد بود. اندازه‌گیری pH مایع شکمبه بره‌های آزمایشی در روز ۸۴ آزمایش دو ساعت بعد از مصرف خوراک با دستگاه pHمتر دیجیتال قابل حمل (مدل ۸۲۷ مترون) انجام شد. اندازه‌گیری pH بلافاصله بعد از گرفتن نمونه مایع شکمبه بره‌های آزمایشی و صاف کردن آن با پارچه کتفی چهار لایه، تعیین شد (Beauchemin *et al.*, 2011). نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بره‌های آزمایشی با استفاده از روش تیتراسیون (کانوی، ۱۹۵۰) انجام شد. میزان پروتئین میکروبی سنتز شده از طریق اندازه‌گیری مقادیر آلانتوئین موجود در ادرار با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Varian Cary 100 conc، استرالیا) در طول موج ۵۲۲ نانومتر تعیین خواهد شد (پوچالا و کولاسک،۱۹۹۹).

آزمایش دوم در ایستگاه تحقیقاتی نشخوارکنندگان، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. به‌منظور تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از روش کیسه‌های نایلونی در تیمارهایی آزمایشی شامل جیره گروه شاهد حاوی دانه جو کامل و بدون اوره و کود مرغی، تیمارهای ۲و ۳ و ۴ به‌ترتیب جیره حاوی روش فرآوری آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین اوره (۱ درصد) و تیمارهای ۵ و ۶ و ۷ به‌ترتیب جیره‌های حاوی روش فرآوری آسیاب کردن، پرک کردن و پلت کردن با سطح معین کود مرغی (۱۲ درصد)، از سه راس گوسفند فیستوله‌شده شکمبه‌ای با میانگین ۲±۴۲ کیلوگرم استفاده شد که به‌صورت انفرادی در قفس‌های متابولیکی نگهداری و در طول مدت آزمایش با جیره کاملا مخلوط در سطح کمی بیش از نگهداری (۱۳ درصد پروتئین خام و ۲۵۰۰ کیلوکالری انرژی قابل متابولیسم) دو بار در شبانه روز تغذیه شدند. برای آماده‌سازی نمونه‌ها جهت آزمایش تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری، نمونه‌ها و جیره مخلوط پس از هوا خشک کردن، در آون و در درجه حرارت ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و پس از آسیاب با الک دو میلی‌متری خرد شد و در کیسه‌های نایلونی برای آزمایشات مورد نگهداری قزاز گرفت. به‌منظور اندازه-گیری فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای تیمارهای آزمایشی از روش اورسکوف و مکدونالد (Orskov and Mcdonald, 1979) استفاده شد، بدین صورت که سه گرم از نمونه با آسیاب چکشی آزمایشگاهی دارای غربال با منافذ دو میلی‌متر (سه تکرار برای هر تیمار) آسیاب شده و با استفاده از الک ۵۰ میکرومتری غربال شدند تا ذرات کوچک‌تر از ۵۰ میکرومتر از آن خارج شوند. سپس نمونه‌ها در داخل کیسه‌هایی از جنس پلی‌استر دارای ابعاد ۷ ×۱۴ سانتی‌متر و قطر منافذ ۵±۴۵ میکرون ریخته و برای زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در شکمبه قرار داده شد. برای تعیین تجزیه‌پذیری در زمان صفر، کیسه‌ها بدون انکوباسیون در شکمبه و با استفاده از ماشین لباسشویی به‌مدت ۱۵ دقیقه با آب سرد مورد شستشو قرار گرفتند. پیش از شکمبه‌گذاری، کیسه‌ها در آب ولرم ۳۹ درجه‌سانتی‌گراد به‌مدت پنج دقیقه خیسانده شدند تا رطوبت کافی را جذب نمایند، این عمل به‌منظور مرطوب شدن نمونه‌ها و دسترسی سریع ریزجانداران به سوبسترای داخل کیسه‌ها بود (Vanzant *et al.*, 1998). پس از زمان طی شده کیسه‌های حاوی نمونه‌های شکمبه گذاری شده مورد شستشو قرار گرفتند تا پساب حاصل از آن شفاف شود. سپس به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک و پس از توزین، میزان ماده خشک، پروتئین خام و خاکستر بر اساس روش‌های استاندارد (AOAC, 1990). الیاف نامحلول در شوینده خنثی در باقی نمونه‌های شکمبه‌گذاری شده و نمونه‌های اولیه (سه گرم) بر اساس روش پیشنهادی ون سوست و همکاران (Van Soest *et al.*, 1991) تعیین شد. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر بر اساس معادله زیر محاسبه شد (Orskov and Mcdonald, 1979):

$$P= a + b (1-e^{-ct})$$ معادله (۱)

$$ED = a + [(b\times c)/(c+r)]$$ معادله (۲)

که در آن، P: پتانسیل تجزیه‌پذیری یا ناپدید شدن در زمان t، ED: تجزیه‌پذیری مؤثر، a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: نرخ ثابت تجزیه‌پذیری (درصد بر ساعت)، t: زمان قرار دادن نمونه در شکمبه (ساعت)، e: عدد نپر (۲/۷۱۸)، می‌باشند.

پس از تعیین فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی به

1- Small Ruminant Nutrition System (SRNS)
2- Total Mixed Ration (TMR)

روش اورسکوف و مکدونالد (Orskov and Mcdonald, 1979)، برازش داده‌های حاصل از تجزیه‌پذیری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (pro NLIN) انجام شد. برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های تولید گاز، با استفاده از روش منک و استینگاس (Menke and Steingass, 1988) ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه آسیاب شده، ۲۰ میلی‌لیتر بزاق مصنوعی و ۱۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه در ویال‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری (سه تکرار برای هر تیمار) ریخته شد و همچنین سه ویال به‌عنوان بلانک قرار داده شد. مایع شکمبه از چهار راس گوسفند فیستوله قبل از خوراک‌دهی وعده صبح گرفته و با بزاق مصنوعی با نسبت ۱ به ۲ مخلوط شده و ویال‌ها در حمام آب گرم (۳۹ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند و میزان گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از av,u کشت ثبت شد و فراسنجه‌ها با استفاده از معادله ۳ مورد بررسی قرار گرفت، که در آن، b: تولید گاز از بخش قابل تخمیر (میلی‌متر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، c: ثابت میزان تولید گاز برای بخش $b(h^{-1})$، t: زمان انکوباسیون و Y: گاز تولیدی در زمان t می‌باشد. مقدار ME و OMD تیمارهای مختلف با استفاده از معادله ۴ و ۵ منک و استینگاس (Menke and Steingass, 1988) محاسبه شد که در این معادله GP گاز تولیدی تصحیح شده بر اساس تولید گاز ۲۴ ساعت، CP درصد پروتئین خام در ماده خشک و CA درصد خاکستر خام در ماده خشک است.

معادله (۳) $Y= b (1-e^{-ct})$

معادله (۴) $ME\ (MJ/\ kg\ DM) = 2.20+0.136\ GP+0.057\ CP$

معادله (۵)

$OMD\ (g/kg\ DM) = 14.88+0.889GP+0.45CP+0.0651CA$

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل آن با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰۱) و مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن در سطح احتمال معنی‌داری پنج درصد صورت گرفت (SAS, 2001). مدل آماری این طرح به این ترتیب است:

$Y_{ij} =\mu+T_i+ \varepsilon_{ij}$

که در آن، Y_{ij}: مشاهده تکرار j و تیمار i، μ: میانگین، T_i: اثر تیمار، و ε_{ij}: خطای آزمایشی است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برآیند اثر روش‌های فرآوری دانه جو و نوع منبع نیتروژن بر قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی جیره غذایی درجدول ۲ آمده است. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیر-پروتئینی موجب کاهش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی جیره شد (P<۰/۰۵). امّا قابلیت هضم سایر اجزای جیره تحت تأثیر قرار نگرفت. نجفی و همکاران (Najafi *et al.*, 2017) گزارش دادند که دانه جو فرآوری شده سبب کاهش قابلیت هضم ماده خشک (از ۷۳/۸۲ به ۷۱/۵۸ درصد) و ماده آلی (از ۷۴/۹۴ به ۷۲/۸۴ درصد) جیره می‌شود. در نتایجی مشابه، اختلاف ناچیزی در ارزش غذایی دانه جو پرک شده با بخار در مقایسه با دانه کامل گزارش کردند و بیان داشتند، علت این اختلاف ناچیز احتمالاً مربوط به کارایی بالای گوسفند در استفاده از دانه کامل غلات است (Yoon *et al.*, 1986). فایاد (Fayad, 2011) گزارش داد، بره‌هایی که از جو جوانه زده تغذیه شدند، قابلیت هضم پروتئین خام و خاکستر بیشتری داشت، درحالی‌که قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، چربی خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز کاهش یافت. پرند و تقی‌زاده (Parand and Taghizadeh, 2010) گزارش کردند که فرآوری دانه جو (تف دادن، فلیک کردن با بخار) باعث کاهش قابلیت هضم ماده آلی در گوسفند شد که ناشی از تخمیر سریع نشاسته در شکمبه بود. راپتی و باوا (Rapetti and Bava, 2004) از دانه غلات به‌صورت آسیاب شده و دانه کامل همراه با دو سطح ۱۷ و ۳۲ درصد نشاسته در جیره بزهای سانن استفاده کرده و گزارش دادند، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با افزایش سطح نشاسته کاهش یافت. لیکن فرآوری دانه اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم این فاکتورها نداشت. کاهش تخمیر شکمبه‌ای ماده آلی انعکاس مستقیمی از تفاوت نسبی هضم شکمبه‌ای نشاسته با فرآوری‌های مختلف دانه جو است (Lopez-Soto *et al.*, 2014). بیضایی و همکاران (Beizaei *et al.*, 2013) بیان کردند، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در بره‌های پرواری تحت تأثیر سطح نشاسته جیره قرار گرفت و با افزایش سطح نشاسته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۱)، از جمله سازوکارهایی که در این رابطه پیشنهاد کردند، کاهش pH شکمبه در جیره‌های با نشاسته بالا بود. به‌عبارت دیگر، فرآوری دانه جو ممکن است از طریق افزایش سطح تماس ذرات نشاسته باعث افزایش تخمیر نشاسته در شکمبه گردد. لذا، انتظار می‌رود که چنین شرایطی باکتری‌های آمیلولاکتیک (تجزیه‌کننده نشاسته) به‌عنوان جمعیت غالب میکروبی شکمبه باشند. با افزایش رشد این باکتری‌ها که مهم‌ترین باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک در شکمبه محسوب می‌شوند، تولید اسید لاکتیک در شکمبه افزایش یافته و از آنجا که قدرت اسیدیته اسید لاکتیک در مقایسه با سایر اسیدهای چرب فرار بالاتر است، لذا pH شکمبه ممکن است از حد طبیعی آن کمتر شود (Najafi *et al.*, 2017). با افت pH شکمبه، شرایط برای فعالیت باکتری‌های هضم‌کننده سلولز سخت شده و متعاقب آن هضم الیاف در شکمبه کاهش می‌یابد (Khalesizadeh *et al.*, 2011). کاهش فعالیت باکتری‌های سلولایتیک در pH کمتر از عدد شش و متعاقب آن کاهش هضم الیاف خام توسط سایر محققین گزارش شده است (Davies *et al.*, 2013).

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی

Table 1- Ingredients and chemical compositions of experimental ration

اقلام خوراکی (٪) Ingredients (%)	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)				کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)		
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted
کاه گندم Wheat straw	5	5	5	5	5	5	5
سیلاژ ذرت Corn silage	15	15	15	15	15	15	15
کنجاله سویا Soy meal	14	7	7	7	9	9	9
تفاله چغندر قند Sugar beet pulp	5	5	5	5	5	5	5
دانه جو Barley grain	41	47	47	47	40	40	40
سبوس گندم Wheat bran	14	14	14	14	9	9	9
کود مرغی Poultry manure	0	0	0	0	12	12	12
اوره Urea	0	1	1	1	0	0	0
بنتونیت Bentonite	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5
آنزیمیت Enzyme	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5
پودر صدف Limestone	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
جوش شیرین Sodium bicarbonate	1	1	1	1	1	1	1
نمک Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
مکمل ویتامینی و معدنی[1] Vitamin and mineral premix [1]	1	1	1	1	1	1	1
ترکیبات شیمیایی (درصد از ماده خشک) Chemical composition (% of DM)							
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در کیلوگرم) Metabolisable Energy (Mcal/kg)	2.58	2.55	2.55	2.55	2.57	2.57	2.57
پروتئین خام Crude protein	15.17	15.36	15.36	15.36	15.12	15.12	15.12
کلسیم Calcium	0.74	0.73	0.73	0.73	0.67	0.67	0.67
فسفر Phosphorus	0.47	0.44	0.44	0.44	0.47	0.47	0.47
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	32.89	33.04	33.04	33.04	29.64	29.64	29.64
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	16.49	16.21	16.21	16.21	15.27	15.27	15.27

[1]مکمل ویتامین و معدنی شامل ویتامین A ۱۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین D_3 ۲۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین E ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی، منیزیم ۳۲۰۰۰ میلی‌گرم، منگنز ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم، روی ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم، مس ۳۰۰ میلی‌گرم، سلنیوم ۱۰۰ میلی‌گرم، ید ۱۰۰ میلی‌گرم، آهن ۳۰۰۰ میلی‌گرم، کبالت ۱۰۰ میلی‌گرم، فسفر ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم، مونسین ۱۵۰۰ میلی‌گرم، آنتی‌اکسیدان ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.

[1]Contained per kilogram of supplement: 1000,000 IU A 250,000 IU vitamin D3, 3,000 IU vitamin E, 110 g Ca, 45 g Mg, 10,000 mg Mn, 10,000 mg Zn, 300 mg Cu, 100 mg Fe, 100 mg P, 11,500 mg Mo and 100 mg anti-oxidant.

در رابطه با اثر مصرف منابع مختلف نیتروژن بر قابلیت هضم مواد مغذی جیره نیز گزارش متعددی ارائه شده است. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی موجب کاهش قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی جیره شد (P<۰/۰۵). کاهش قابلیت هضم در پی افزایش کود مرغی در جیره، احتمالاً به‌علت محتوای لیگنین بیشتر و نیز خاکستر نسبتاً زیاد در کود مرغی بوده که سبب افزایش غلظت مواد مزبور در جیره‌های حاوی کود مرغی و اثر محدودکنندگی آن‌ها بر هضم بوده است (جدول ۲). نبود تفاوت معنی‌دار در قابلیت هضم پروتئین نیز به ماهیت پروتئین کود مرغی مربوط می‌شود؛ چرا که نسبت پروتئین موجود در بخش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (غیرقابل هضم) در کود جوجه گوشتی کم است (Hale, 1980). نگیسی و همکاران (Negesse *et al.*, 2007) در آزمایشی بر روی گوسفند و بز مشاهده کردند که استفاده از کنسانتره حاوی سطوح صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد کود مرغی همراه با سایر مواد تشکیل دهنده نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در قابلیت هضم مواد آلی جیره بود و همزمان با افزودن کود مرغی در جیره قابلیت هضم پروتئین خام کاهش پیدا کرد. میر محمدی و همکاران (Mirmohammadi *et al.*, 2015) اثر بستر جوجه‌های گوشتی را بر روی بره‌های پرواری بررسی کردند و نشان دادند که می‌توان افزایش وزن روزانه ۲۰۰ گرم در کیلوگرم را بدون هیچ تأثیر منفی بر عملکرد و سلامت حیوان گرفت. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2018) تغذیه سطوح مختلف بستر جوجه‌های گوشتی در بره‌های پرواری نژاد قزل بررسی کردند، نتایج اختلاف معنی‌داری در ماده خشک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک نشان نداد، ولی بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن روزانه، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی مشاهده شد. در یک مطالعه، اثر مصرف منابع مختلف پروتئین (اوره و گلوتن ذرت) در جیره بره‌های نر سافولک نشان داد که مصرف گلوتن ذرت در مقایسه با اوره سبب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم پروتئین شد (Kyriazakis and Oldham, 1997). منابع پروتئینی مختلف اثرات متفاوتی بر قابلیت هضم مواد مغذی در حیوانات دارند و سرعت تجزیه شدن منبع نیتروژن بر میزان هضم مواد مغذی جیره مؤثر است (khalid *et al.*, 2012). کنجاله سویا در مقایسه با اوره و کود مرغی سرعت هضم آهسته‌تری در شکمبه دارد و لذا، مصرف کنجاله سویا سبب می‌شود که سرعت آزاد شدن آمونیاک به‌طور پیوسته و در حد مناسب باشد. این امر بر فعالیت و رشد میکروب‌های شکمبه و نیز شرایط محیطی شکمبه اثر گذاشته و سبب می‌شود که قابلیت هضم مواد مغذی تحت تأثیر قرار بگیرد. لذا، استفاده از منابع نیتروژن غیرپروتئینی (اوره و کود مرغی) قابلیت هضم مواد مغذی جیره را در مقایسه با منابع پروتئینی حقیقی (کنجاله سویا) کاهش دهد.

جدول ۲- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر قابلیت هضم مواد مغذی (درصد)[1]

Table 2- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on nutrient digestibility (%)[1]

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)				کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted		
ماده خشک Dry matter	81.10^{a}	79.90^{b}	79.75^{b}	79.90^{b}	79.50^{b}	79.47^{b}	79.60^{b}	0.066	0.0006
ماده آلی Organic matter	82.50^{a}	81.50^{b}	81.37^{b}	81.52^{b}	81.05^{b}	81.12^{b}	81.10^{b}	0.064	0.0010
پروتئین خام Crude protein	81.22	80.75	80.82	80.97	81.15	81.35	81.10	0.065	0.4424
چربی خام Ether extract	83.22	82.75	83.02	83.00	83.30	83.00	83.35	0.061	0.3196
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	68.50	68.47	67.92	68.07	68.45	68.37	68.25	0.084	0.8800
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	61.60	61.00	61.32	61.05	62.45	61.22	62.05	0.097	0.2882
کربوهیدرات غیرالیافی Non fiber carbohydrate	92.52^{ab}	92.40^{b}	92.27^{bc}	92.12^{c}	92.75^{a}	92.50^{ab}	92.05^{c}	0.041	0.0001

[1] حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

[1] The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود (P<۰/۰۵). فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث افزایش بخش سریع تجزیه ماده خشک تیمارهای آزمایشی با شاهد شد. به طوری‌که تیمار ۴ (۲۷/۴۰ درصد) بیشترین و شاهد (۱۹/۴۲ درصد) کمترین بود. به‌علاوه فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث کاهش بخش کند تجزیه ماده خشک تیمارهای آزمایشی با شاهد شد. به‌طوری‌که تیمار ۴ (۴۶/۲۵ درصد) کمترین و شاهد (۵۵/۳۵ درصد) بیشترین بود. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث اختلاف معنی‌دار بخش قابل تجزیه بین تیمارهای آزمایشی شد. به‌طوری‌که تیمار ۷ (۷۷/۹۱ درصد) بیشترین و تیمار ۶ (۷۰/۳۳ درصد) کمترین بود. امّا تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در ثابت نرخ تجزیه نبود.

تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت بین شاهد با تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار شد. به‌طوری‌که شاهد بیشترین و تیمارهای آزمایشی کمترین بودند.

صادقی و شورنگ (Sadeghi and Shawrang, 2008) در یک مطالعه *in situ* در ارتباط با اثرات پرتوتابی مایکروویو بر روی خصوصیات تجزیه‌پذیری دانه جو، گزارش کردند که پرتوتابی مایکروویو منجر به افزایش بخش محلول (a) و کاهش بخش نامحلول (b) ماده خشک و نشاسته شده و از طرفی دیگر، این فرآوری، نرخ تجزیه بخش نامحلول (c) ماده خشک و نشاسته دانه جو را می‌کاهد. نرخ عبور مواد از شکمبه تحت تأثیر مقدار خوراک مصرفی است، به‌طوری‌که با افزایش سطح مصرف خوراک در دام، این مقدار نیز افزایش می‌یابد. همچنین، افزایش نرخ عبور مواد سبب می‌شود که مدت زمان دسترسی ریزجانداران شکمبه به مواد خوراکی نیز کاهش یافته و در نتیجه، مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در مواد خوراکی کاهش یابد (Orskov, 1992). نشخوارکنندگان نیازمند دانه‌های غلاتی هستند که در شکمبه تجزیه‌پذیری کند و در کل دستگاه گوارش قابلیت هضم بالایی داشته باشند (Pozdíšek and Vaculová, 2008).

جدول ۳- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک (درصد)[1]

Table 3- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on degradability of dry matter (%)[1]

موارد Item		اوره (۱ درصد) Urea (1 %)			کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted		
بخش سریع تجزیه (درصد) Rapidly degraded fraction (%)	19.42d	23.73bc	19.83d	27.40	24.43a	22.35c	25.79ab	1.211	<0.0001
بخش کند تجزیه (درصد) Slowly degraded fraction (%)	55.35a	50.58abc	55.08a	46.26c	47.54bc	47.97bc	47.97bc	1.735	0.0010
بخش قابل تجزیه (درصد) Potential of degradability (%)	74.77ab	74.31ab	74.91ab	73.66ab	71.97b	70.33b	77.91a	1.892	0.1489
ثابت نرخ تجزیه (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (h^{-1})	1.76	1.96	1.95	1.72	2.15	2.02	1.64	0.663	0.6627
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد در ساعت) Effective degradability (%/h)									
2	54.71a	50.01bc	54.51a	45.69c	47.09bc	47.47bc	51.46ab	1.697	0.0007
5	53.78a	49.19b	53.67a	44.87c	46.43bc	46.74bc	50.52ab	1.642	0.0004
8	52.88a	48.39b	52.86a	44.07c	45.78bc	46.04bc	49.60ab	1.592	0.0002

[1] حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

[1]The means within the same row with different letters indicate the significant difference ($P < 0.05$).

فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام تیمارهای آزمایشی در جدول ۴ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود (P<۰/۰۵). فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث تفاوت معنی‌دار بخش سریع تجزیه پروتئین خام تیمارهای آزمایشی شد. به طوری‌که تیمار ۷ (۳۰/۱۹ درصد) بیشترین و تیمار ۳ (۲۴/۱۲ درصد) کمترین بود. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث تفاوت معنی‌دار بخش کند تجزیه پروتئین خام تیمارهای آزمایشی شد. به‌طوری‌که تیمار ۳ (۵۷/۶۸ درصد) بیشترین و تیمار ۴ (۴۶/۷۷ درصد) کمترین بود. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی بخش قابل تجزیه پروتئین خام تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. به‌طوری‌که تیمار ۳ (۸۱/۸۰ درصد) بیشترین و تیمار ۲ (۷۶/۱۸ درصد) کمترین بود. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام نبود. افزایش مقدار مواد محلول سبب تأمین انرژی اولیه بیش‌تری برای ریزجانداران شکمبه شده و از این راه سبب تجزیه بیش‌تر پروتئین خام خوراک موجود در شکمبه می‌شود (Gabriel *et al.*, 2008). کاهش دیواره سلولی در طی فرآوری سبب دسترسی بیش‌تر ریزجانداران به پروتئین می‌شود (Nazem *et al.*, 2008). تجزیه‌پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی به غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه و همچنین به قابلیت تخمیر جیره و ساختارهای فیزیکی و شیمیایی جیره وابسته است (Boucher *et al.*, 2007). تأمین با ثبات‌تر و آهسته‌تر نیتروژن آمونیاکی در شکمبه می‌تواند به نفع باکتری هضم‌کننده الیاف باشد. نیتروژن آمونیاکی نقش مهمی در تغذیه و رشد باکتری‌های هضم‌کننده الیاف که فرآیندی نسبتا آهسته است، بازی می‌کند.

تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار شد. به طوری‌که تیمارهای ۱ به‌ترتیب ۵۴/۷۴، ۵۴/۰۱ و ۵۳/۳۱ درصد بیشترین و تیمار۴ به‌ترتیب ۴۶/۴۲، ۴۵/۹۱ و ۴۵/۴۱ درصد کمترین بودند.

جدول ٤- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام (درصد)[۱]

Table 4- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on degradability of crude protein (%)[1]

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %) شاهد Control	 آسیاب شده Ground	 پرک شده Filled	 پلت شده Pelleted	کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %) آسیاب شده Ground	 پرک شده Filled	 پلت شده Pelleted	خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
بخش سریع تجزیه (درصد) Rapidly degraded fraction (%)	25.54[dc]	27.27[bc]	23.92[d]	29.44[a]	28.73[ab]	26.53[c]	30.19[a]	1.086	<0.0001
بخش کند تجزیه (درصد) Slowly degraded fraction (%)	55.23[a]	48.91[b]	52.36[ab]	46.77[b]	50.67[b]	49.64[b]	48.37[b]	1.627	0.0045
بخش قابل تجزیه (درصد) Potential of degradability (%)	80.77	76.18	76.28	76.21	79.40	76.18	78.57	1.662	0.1259
ثابت نرخ تجزیه (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (h^{-1})	2.25	2.58	2.72	2.79	2.76	2.94	2.81	0.655	0.4072
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد در ساعت) Effective degradability (%/h)									
2	54.74[a]	48.53[bc]	51.97[ab]	46.42[c]	50.30[bc]	49.31[bc]	48.03[bc]	1.619	0.0048
5	54.01[a]	47.97[bc]	51.40[ab]	45.91[c]	49.76[bc]	48.80[bc]	47.51[bc]	1.609	0.0054
8	53.31[a]	47.43[bc]	50.85[ab]	45.41[c]	49.23[bc]	48.31[bc]	47.02[bc]	1.599	0.0061

[۱] حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

[1] The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی در جدول ۵ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود (P<۰/۰۵). فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث افزایش بخش سریع تجزیه الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی با شاهد شد. به‌طوری‌که تیمار ۷ (۲۳/۹۱ درصد) بیشترین و شاهد (۱۹/۹۲ درصد) کمترین بود. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث کاهش بخش کند تجزیه الیاف نامحلول در شوینده خنثی تیمارهای آزمایشی با شاهد شد. به طوری‌که تیمار ۵ (۳۹/۱۴ درصد) کمترین و شاهد (۴۵/۱۳ درصد) بیشترین بود. فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی باعث اختلاف معنی‌دار الیاف نامحلول در شوینده خنثی بین تیمارهای آزمایشی شد. به‌طوری‌که تیمار ۷ (۶۵/۹۷ درصد) بیشترین و تیمار ۵ (۶۰/۸۸ درصد) کمترین بود. بین ثابت نرخ تجزیه تیمارهای آزمایشی الیاف نامحلول در شوینده خنثی اختلاف معنی‌دار شد. نرخ تجزیه بستگی به زمان لازم برای اتصال میکروب‌ها به دیواره و ماهیت دیواره سلولی دارد بنابراین، اندازه تجزیه شدن را می‌توان با قرار دادن طولانی‌مدت مواد خوراکی در شکمبه بهبود بخشید. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در سرعت‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد در ساعت بین شاهد با تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار شد. به‌طوری‌که شاهد بیشترین و تیمارهای آزمایشی کمترین بودند.

جدول ۵- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)[۱]

Table 5- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on degradability of NDF (%)[1]

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)				کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted		
بخش سریع تجزیه (درصد) Rapidly degraded fraction (%)	19.92[d]	22.16[abc]	20.54[dc]	22.98[ab]	21.73[bcd]	22.80[ab]	23.91[a]	1.085	0.0012
بخش کند تجزیه (درصد) Slowly degraded fraction (%)	45.13[a]	40.64[b]	42.61[ab]	42.17[ab]	39.14[b]	41.16[b]	42.06[ab]	1.547	0.0627
بخش قابل تجزیه (درصد) Potential of degradability (%)	65.05[ab]	62.81[ab]	63.15[ab]	65.15[ab]	60.88[b]	63.96[ab]	65.97[a]	1.741	0.2972
ثابت نرخ تجزیه (درصد در ساعت) Constant rate of degradation (h^{-1})	2.05[c]	3.25[b]	2.81[bc]	2.72[bc]	4.53[a]	2.81[bc]	2.73[bc]	0.836	0.0032
تجزیه‌پذیری مؤثر (درصد در ساعت) Effective degradability (%/h)									
2	44.66[a]	40.38[b]	42.29[ab]	41.83[ab]	38.97[b]	40.85[b]	41.74[ab]	1.517	0.0659
5	43.98[a]	39.99[b]	41.82[ab]	41.34[ab]	38.71[b]	40.39[b]	40.39[ab]	1.473	0.0716
8	43.33[a]	39.61[b]	41.36[ab]	40.86[ab]	38.46[b]	39.94[b]	40.80[ab]	1.430	0.0787

[۱] حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

[1] The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

داده‌های مربوط به تولید گاز فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی در جدول ۶ آورده شده است. نتایج نشان داد، بین تیمارهای آزمایشی از نظر فراسنجه‌های تولید گاز اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). نرخ تولید گاز در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین نرخ تولید گاز مربوط به تیمار۳ (۳۸/۳۰ میلی‌لیتر) و کمترین نرخ تولید گاز مربوط به تیمار ۶ (۳۴/۳۲ میلی‌لیتر) اختصاص داشت. همچنین مقدار گاز تولیدی در ۹۶ ساعت در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین گاز تولیدی مربوط به تیمار ۲ (۳۵/۵۰ میلی‌لیتر) و کمترین تولید گاز مربوط به تیمار ۶ (۳۱/۷۷ میلی‌لیتر) اختصاص داشت. وقتی از روش تولید گاز برای تعیین ویژگی‌های هضمی مواد خوراکی استفاده می‌شود، فرض بر این است که گاز تولیدی تحت تأثیر هیچ عامل دیگری جز ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی خوراک قرار نمی‌گیرد، امّا تغییر در فعالیت میکروبی مایع شکمبه ممکن است بر نرخ تخمیر اثر

بگذارد (Menke and Steingass, 1988). تولید گاز حاصل از پروتئین در مقایسه با کربوهیدرات‌ها نسبتا اندک است. همچنین سهم چربی نیز در تولید گاز قابل صرف نظر است (Wolin, 1960). همبستگی بالایی بین پروتئین خام نمونه‌ها و سرعت تولید گاز وجود دارد (Larbi *et al.*, 1998). همچنین بالا بودن مقدار لیگنین مانع از عمل آنزیم‌ها بر محتویات داخل سلول گیاهی می‌شود (Church, 1988; Wilson *et al.*, 1991). مواد خوراکی باید حداقل حاوی ۱۰ درصد پروتئین خام باشند تا فعالیت میکروبی در شکمبه مطلوب باشد. بنابراین، مواد خوراکی با کم‌تر از ۱۰ درصد پروتئین خام سبب کاهش فعالیت میکروبی در شکمبه و در نتیجه، سبب کاهش تولید گاز می شوند (Norton, 1994). از جمله عوامل تأثیرگذار در نتایج تولید گاز می‌توان زمان برداشت، میزان کربوهیدرات‌های محلول و غیر محلول در آب، میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی، منشأ مایع میکروبی، گونه دامی دهنده مایع شکمبه، زمان جمع‌آوری مایع شکمبه و جیره غذایی دام دهنده مایع شکمبه را نام برد.

مقدار قابلیت هضم ماده آلی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین قابلیت هضم ماده آلی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۷ (۴۰/۹۷ درصد) و ۶ (۳۸/۱۹ درصد) بود. قابلیت هضم ماده آلی قسمتی از ماده آلی خوراک است که در دستگاه گوارش هضم می‌شود (Razm-Azar *et al.*, 2012). درصد ماده آلی قابل هضم در ماده خشک نیز به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک پس از فرآوری افزایش یافت (Nazem *et al.*, 2008). بین مقادیر دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز با قابلیت هضم یک ماده خوراکی رابطه معکوس وجود دارد. هر چقدر این ترکیبات در ماده خوراکی کاهش یابد، قابلیت هضم آن ماده خوراکی افزایش خواهد یافت (Dadvar *et al.*, 2011). مقدار انرژی قابل متابولیسم بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین انرژی قابل متابولیسم مربوط به تیمارهای ۷ (۵/۹۴ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) و ۶ (۵/۵۲ مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) بود. مقدار غلظت اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیشترین و کمترین مقدار غلظت اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر مربوط به تیمارهای ۷ (۰/۴۷ میلی مول) و ۶ (۰/۴۰ میلی مول) بود. نتایج به‌دست آمده از تولید گاز، انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده آلی پیشنهاد می‌کند که همبستگی مثبتی بین تولید گاز و انرژی قابل متابولیسم و همچنین بین تولید گاز و قابلیت هضم ماده آلی وجود دارد. تفاوت بین آزمایش‌های مختلف (درون‌تنی و برون‌تنی) می‌تواند به عواملی از قبیل روش کار، مواد و نوع حیوانات، تکرارها و مدل ریاضی مورد استفاده مربوط باشد. روش تولید گاز و روش کیسه‌های نایلونی از مهم‌ترین روش‌های تعیین نرخ و مقدار هضم ماده خشک هستند. روش کیسه‌های نایلونی سال‌های زیادی است که در برآورد نرخ و مقدار ناپدید شدن اجزای خوراک مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش تولید گاز نیز به‌عنوان روشی رایج در تعیین ارزش تغذیه‌ای مواد خوراکی مورد پذیرش قرار گرفته است. با این وجود، هر کدام از این روش‌ها محدودیت‌های خاص خود را دارند. صحت روش کیسه‌های نایلونی بالاتر از روش تولید گاز است و معیار مناسب‌تری برای تعیین ویژگی‌های مصرف خوراک و قابلیت هضم فراهم می‌کند، امّا به‌دلیل شکمبه حیوانات مورد استفاده نتایج مربوط به کیسه‌های نایلونی می تواند تغییرات زیادی داشته باشد (Valentin *et al.*, 1999).

مقادیر متابولیت‌های شکمبه در جدول ۷ نشان داده شده است. مقدار pH شکمبه در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین pH مربوط به تیمار ۷ (۶/۳۰) و کمترین pH مربوط به تیمار ۱ (۶/۱۰) اختصاص داشت. شکستن و آسیاب کردن غلات، دسترسی میکروب‌های شکمبه به منابع مغذی خوراک آسیاب شده را افزایش خواهد داد و بر همین اساس میکروب‌ها با سرعت بیشتری مواد مغذی را هضم نموده و در نهایت، قابلیت کاهش pH مایع شکمبه وجود خواهد داشت (Callison *et al.*, 2001). رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2018) در سطوح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ کود مرغی را در جیره بره‌ها استفاده کردند، نتایج نشان داد که میانگین pH شکمبه برای تیمارها به‌ترتیب ۶، ۶/۷۵، ۶/۴ و ۶/۶ بود و بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه بین pH به‌دست آمده بین تیمارها نشان می‌دهد، افزودن منابع نیتروژن غیرپروتئینی سبب افزایش pH شکمبه در تیمارها شده است.

نیتروژن آمونیاکی در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین نیتروژن آمونیاکی مربوط به تیمار ۵ (۱۱/۴۵ میلی‌گرم در دسی لیتر) و کمترین نیتروژن آمونیاکی مربوط به تیمار ۳ (۱۰/۳۸ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) اختصاص داشت. تفاوت بین غلظت‌های نیتروژن آمونیاکی در جیره‌های محتوای اوره کمتر از جیره‌های دارای کنجاله سویا و کود مرغی بود. این مطلب ممکن است به سرعت آزادسازی کندتر نیتروژن از کنجاله سویا (و کود مرغی) نسبت به اوره مربوط باشد. قابلیت هضم مواد مغذی بیشتر تحت تأثیر منبع پروتئین قرار داشته و میزان نیتروژن آمونیاکی تأثیر چندانی بر آن‌ها نخواهد داشت، به‌طوری‌که مقادیر قابلیت هضم در جیره‌های محتوی کنجاله سویا و کود مرغی بیشترین مقدار بود. علاوه‌براین استفاده از کنجاله سویا در مقایسه با اوره در تغذیه گوسفند قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی را بهبود می‌بخشد که به نظر می‌رسد استفاده از منبع پروتئین حقیقی در مقایسه با منبع نیتروژن غیرپروتئینی در جیره گوسفند علاوه‌بر بهبود قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی، شرایط شکمبه را از نظر روند تولید و غلظت نیتروژن آمونیاکی مناسب تر خواهد نمود (Afshar *et al.*, 2015). همچنین نتایج بیان می‌کند که فرآوری دانه جو غلظت نیتروژن آمونیاکی جیره‌ها را تحت تأثیر قرار نداده است.

جدول ٦- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر فراسنجه‌های تولید گاز (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم در ماده خشک)[۱]

Table 6- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on gas production parameters (ml/200 mg DM)[1]

موارد Item	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)		کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)					خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted		
پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر) Gas production potential (ml)	34.98^{b}	38.07^{a}	38.30^{a}	37.87^{a}	35.54^{b}	34.32^{b}	35.43^{b}	1.128	0.0056
نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر/ساعت) Gas production rate (ml h^{-1})	0.043^{ab}	0.033^{c}	0.040^{abc}	0.038^{bc}	0.037^{bc}	0.036^{bc}	0.047^{a}	0.063	0.0154
گاز تولیدی در ۹۶ ساعت (میلی‌لیتر) Gas production in 96 hours (ml)	32.33^{c}	35.50^{a}	33.67^{abc}	34.90^{ab}	33.20^{bc}	31.77^{c}	33.07^{bc}	1.049	0.0107
قابلیت هضم ماده آلی (درصد ماده خشک) Organic matter digestibility (%DM)	40.05^{ab}	39.54^{abc}	39.18^{bc}	40.21^{ab}	39.44^{abc}	38.19^{c}	40.97^{a}	0.932	0.0389
انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy (MJ/kg DM)	5.82^{a}	5.75^{ab}	5.69^{ab}	5.84^{a}	5.71^{ab}	5.52^{b}	5.94^{a}	0.365	0.0381
اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول) Short chain fatty acids (mmol)	0.45^{a}	0.44^{a}	0.43^{ab}	0.46^{a}	0.43^{ab}	0.40^{b}	0.47^{a}	0.146	0.0370

[۱]حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

[1]The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

جدول ۷- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر پارامترهای مایع شکمبه[۱]

Table 7- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on rumen parameters[1]

موارد[۱] Item[1]	اوره (۱ درصد) Urea (1 %)		کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)					خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-Value
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted		
اسیدیته pH	6.10^{d}	6.17^{bcd}	6.23^{abc}	6.16^{dc}	6.24^{abc}	6.26^{ab}	6.30^{a}	0.234	0.0018
نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی لیتر) Ammonia nitrogen (mg dl^{-1})	11.31^{a}	10.85^{b}	10.38^{c}	10.49^{bc}	11.45^{a}	11.28^{a}	11.29^{a}	0.509	<0.0001

[۱]حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

[1]The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

نتایج مربوط به اندازه‌گیری میزان دفع مشتقات پورینی و میزان سنتز پروتئین میکروبی سنتز شده در جدول ۸ نشان داده شده است. با توجه به این جدول، میزان دفع هر یک از مشتقات پورینی (آلانتوئین، اسید اوریک، گزانتین+ هیپوگزانتین) و کل دفع مشتقات پورینی ادرار و میزان پروتئین میکروبی سنتز شده در شکمبه تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار گرفت و اختلاف مشاهده شده معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). کیم و همکاران (Kim *et al.*, 2000) دریافتند که تغذیه جیره حاوی سیلاژ ذرت با کود مرغی در مقایسه با جیره‌ای که فقط از سیلاژ ذرت تأمین شده بود، دفع کل مشتقات پورینی و به دنبال آن سنتز پروتئین میکروبی در گوسفند را افزایش داد. در آزمایشی که توسط پاتک و همکاران (Pathak, 2008) انجام شد مشخص گردید که جیره‌های حاوی مقادیر زیاد اوره، عناصر فسفر و گوگرد به‌عنوان عوامل محدودکننده در بیوسنتز میکروبی عمل می‌کنند. پروتئین میکروبی در تأمین نیاز نیتروژن نشخوارکنندگان نقش مهمی دارد و اکثر اسیدهای آمینه مورد نیاز برای رشد، نگهداری و تولید حیوان میزبان را فراهم می‌کند (Vaithiyanathan *et al.*, 2006).

پاپی و همکاران (Papi *et al.*, 2013) گزارش کردند که مصرف روزانه ماده خشک در جیره‌های حاوی کود مرغی افزایش معنی‌داری را نشان داده است. مکمل کردن جیره بر پایه علوفه با کود مرغی به میزان ۱۶۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک، اثر مطلوبی بر میزان خوراک مصرفی و متابولیسم نیتروژن در گوسفند داشت. در تغذیه نشخوارکنندگان، به‌دلیل شرایط اختصاصی شکمبه، امکان تأمین بخشی از پروتئین مورد نیاز در جیره غذایی از مواد نیتروژنه غیر پروتئینی، مانند اوره و استفاده همزمان از مواد انرژی‌زا از تخمیر سریع وجود دارد (Swan *et al.*, 2006). عامل مهم تأثیرگذار بر مقدار مصرف اوره در جیره غذایی نشخوارکنندگان، قابلیت و سرعت تخمیر جیره می‌باشد. استفاده از خوراک‌های با انرژی قابل دسترس سریع، بدون مکمل نیتروژن غیر پروتئینی، بازده چندانی نداشته و ممکن است اثر نامساعدی روی سلامتی حیوان داشته باشد (Kowalczyk, 1997).

علی‌جو و همکاران (Alijoo *et al.*, 2011) گزارش کردند که مصرف نیتروژن تحت تأثیر روش فرآوری دانه جو قرار گرفت و در گاوهایی که با جو آسیاب شده تغذیه شده بودند، بیشتر از گاوهایی بود که جو پلت شده مصرف کرده بودند. نیتروژن ابقا شده تحت تأثیر اهمال تیمارها قرار نگرفت، ولی فرآوری دانه جو دفع نیتروژن مدفوع را تحت تأثیر قرار داد و در گاوهایی که جو آسیاب شده مصرف کردند، به‌طور معنی‌داری بالاتر از گاوهایی بود که جلو پلت شده مصرف کردند (Alijoo *et al.*, 2011). کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین و نشاسته در شکمبه بدون اثر منفی بر قابلیت هضم بعد از شکمبه بر اثر آمونیاکی کردن جو مشاهده شده است (Campling, 1991). به عبارت دیگر، فرآوری دانه جو ممکن است از طریق افزایش سطح تماس ذرات نشاسته باعث افزایش تخمیر نشاسته در شکمبه گردد. لذا انتظار می‌رود که در چنین شرایطی باکتری‌های آمیلولایتیک (تجزیه‌کننده نشاسته) به‌عنوان جمعیت غالب میکروبی شکمبه باشند. با افزایش رشد باکتری‌ها که مهم‌ترین باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک در شکمبه افزایش یافته و از آنجا که قدرت اسیدیته اسید لاکتیک در مقایسه با سایر اسیدهای چرب فرار بالاتر است، لذا pH شکمبه ممکن است از حد نرمال آن کمتر شود. با افت pH شکمبه، شرایط برای فعالیت‌های سلولیتیک سخت شده و متعاقب آن هضم فیبر در شکمبه کاهش می‌یابد (Khalesizadeh *et al.*, 2011). ارجاعی و همکاران (Erjaei *et al.*, 2018) گزارش کردند که غلظت اسید لینولئیک مزدوج شیر و سنتز پروتئین میکروبی تحت تأثیر فراوری دانه جو، منابع چربی جیره و اثر متقابل بین آن‌ها قرار نگرفته است. جریان نیتروژن میکروبی به دوازدهه در گوساله‌های پرواری که جو غلتک زده درشت مصرف کرده‌اند، تقریباً یک سوم کمتر از گوساله‌های پرواری بود که جو بیشتر غلتک زده تغذیه کرده‌اند (Beauchemin *et al.*, 2011). انرژی فاکتور محدودکننده برای تولید پروتئین میکروبی در شکمبه است و گزارش شده است که فرآیند کردن دانه غلات (غلطک زدن خشک و پلت کردن) از طریق افزایش بازده استفاده از نشاسته در شکمبه و افزایش انرژی قابل دسترس برای رشد میکروب‌های شکمبه، سبب افزایش سنتز پروتئین میکروبی می‌گردد (Kiran and Mutsvangwa, 2007; Davies *et al.*, 2013).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان دادند، روش‌های فرآوری دانه جو به همراه منابع نیتروژن غیرپروتئینی تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، تولید گاز، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و تولید پروتئین میکروبی با گروه شاهد داشت. به‌طور کلی، استفاده از اوره (۱ درصد) و کود مرغی (۱۲ درصد) با روش‌های مختلف فرآوری دانه جو بدون اثرات منفی بر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، فراسنجه‌های مایع شکمبه و تولید گاز از نظر تولید پروتئین میکروبی می‌تواند مفید باشد.

جدول ۸- تأثیر روش‌های فرآوری دانه جو و منابع نیتروژن غیرپروتئینی بر مشتقات پورینی و سنتز پروتئین میکروبی[۱]

Table 8- The effect of processing methods of barley grain and non-protein nitrogen sources on purine derivatives and microbial protein synthesis[1]

موارد Item		اوره (۱ درصد) Urea (1 %)			کود مرغی (۱۲ درصد) Poultry manure (12 %)			خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted	آسیاب شده Ground	پرک شده Filled	پلت شده Pelleted		
آلانتوئین (میلی مول در روز) Allantoin (mmol day^{-1})	7.32^{a}	7.47^{a}	7.54^{a}	7.45^{a}	6.86^{b}	6.69^{b}	6.67^{b}	0.391	<0.0001
اسید اوریک (میلی مول در روز) Uric acid (mmol day^{-1})	0.66^{d}	0.76^{b}	0.67^{d}	0.83^{a}	0.65^{d}	0.67^{d}	0.73^{c}	0.115	<0.0001
گزانتین+هیپوگزانتین (میلی مول در روز) Xan and hypoxanth (mmol day^{-1})	1.25^{a}	1.11^{b}	1.23^{ab}	1.25^{a}	1.19^{abc}	1.13^{bc}	1.14^{bc}	0.227	0.0203
کل مشتقات پورینی دفعی (میلی مول در روز) Urine derivatives excreted (mmol day^{-1})	9.23^{a}	9.33^{a}	9.46^{a}	9.50^{a}	8.70^{b}	8.53^{b}	8.56^{b}	0.404	<0.0001
نیتروژن میکروبی (گرم در روز) Microbial N supply (g d^{-1})	7.46^{a}	7.63^{a}	7.66^{a}	7.70^{a}	7.03^{b}	6.86^{b}	6.90^{b}	0.366	<0.0001
پروتئین میکروبی (گرم در روز) Microbial protein supply (g d^{-1})	46.67^{a}	47.43^{a}	47.86^{a}	48.13^{a}	43.90^{b}	42.90^{b}	43.13^{b}	0.929	<0.0001

[۱]حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

[1]The means within the same row with different letters indicate the significant difference (P < 0.05).

References

1. Alijoo, Y. A., Valizadeh, R., Nasserian, A. A., Danesh Mesgaran, M., & Tahmasbi, A. (2011). Effect of barley grain processing and source of supplemental dietary fat on performance and fermentation characteristics of ruminants. *Iranian Journal of Animal Science Research, 3*(3), 266-273. (In Persian). DOI: 10.22067/ijasr.v3i3.11301
2. Afshar, S., Kazemi-Bonchenari, M., & Ferdowsi, H. R. (2015). Effect of feeding whole or cracked barley grain accompanied bv soybean meal or urea on nutrients digestibility and parameters of rumen in Mehraban sheep. *Research on Animal Production, 6*(11), 102-107. (In Persian). http://rap.sanru.ac.ir/article-1-501-fa.html
3. AOAC. (1990). Official Methods of Analysis 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
4. Boucher, S., Ordway, R., Whitehouse, N., Lundy, F., Kononoff, P. J., & Schwab, C. (2007). Effect of incremental urea supplementation of a conventional corn silage-based diet on ruminal ammonia concentration and synthesis of microbial protein. *Journal of Dairy Science, 90*(12), 5619-5633. DOI:10.3168/jds.2007-0012
5. Beauchemin, K. A., Yang, W. Z., & Rode, I. M. (2011). Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. *Journal of Dairy Science, 79*, 1925-1936. DOI:10.2527/2001.7971925x
6. Beizaei, R., Sari, M., Boojarpour, M., Chaji, M., & Eslami, M. 2013. Effect of starch replacement with soluble fiber on feed digestibility and carcass characteristics of lambs fed high concentrate diet and gas production of low quality forage sources. *Journal of Ruminant Research, 1*(4), 47-64. (In Persian) DOI:20.1001.1.23454253.1392.1.4.4.
7. Callison, S. L., Firkins, J. L., Eastridge, M. L., & Hull, B. L. (2001). Site of nutrient digestion by dairy cows fed corn of different particle sizes or steam-rolled. *Journal of Dairy Science, 84*, 1458-1467. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70179-8
8. Campling, R. C. (1991). Processing cereal grain for cattle- A review. *Livestock Production Science, 28*, 223-234. https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90144-F
9. Chizzotti, F., Pereira, H., Tedeschi, O. G., Valadares Filho, S. C., Chizzotti, M. L., Leao, M. I., & Pereira, D. H. (2008). Effects of dietary nonprotein nitrogen on performance, digestibility, ruminal characteristics, and microbial efficiency in crossbred steers. *Journal of Dairy Science, 86*:1173-1181. DOI:10.2527/jas.2006-654

10. Church, D. C. (1988). The Ruminant animal: Digestive physiology and nutrition. *Waveland Press*, 564 p.
11. Davies, K. L., McKinnon, J. J., & Mutsvangwa, T. (2013). Effects of dietary ruminally degradable starch and ruminally degradable protein levels on urea recycling, microbial protein production, nitrogen balance, and duodenal nutrient flow in beef heifers fed low crude protein diets. *Canadian Journal of Animal Science, 93*: 123-136. https://doi.org/10.4141/cjas2012-062
12. Dadvar, P., Diani, O., & Mohammad Abadi, M. R. (2011). Determining the nutritional value of citrus pulp (lemon and orange) treated with yeast Saccharomyces cerevisiae. *Journal of Animal Science Research, 21* (2): 106-116. (In Persian).
13. Elemam, M. B., Fadelelseed, A. M., & Salih, A. M. (2009). Growth performance, digestibility, N-balance and rumen fermentation of lambs fed different levels of deep-stack broiler litter. *Research Journal of Animal and Veterinary Science, 4*: 9-16.
14. Fayed, M. Afaf. (2011). Comparative study and feed evaluation of sprouted barley grains on rice straw versus tamarix mannifera on performance of growing Barki Lambs in sinai. *Journal of American Science. 7*: 954-961.
15. Fazaeli, H., Zahedifar, M., Mahdavi, A., Amini, F., & Maghsoudinegad, G. (2013b). Achieving appropriate technology of poultry litter processing as animal feed supplement. Research Report, *Animal Science Research Institute, Iran*. (In Persian).
16. Gabriel, I., Lessire, M., Juin, H., Burstin, J., Duc, G., Quillien, J., Thibault, M., Leconte, M., Hallouis, J., Ganier, P., Meziere, N., & Seve, B. (2008). Variation in seed protein digestion of different pea (Pisum sativum L.) genotypes by cecectomized broiler chickens: 1. Endogenous amino acid losses, true digestibility and in vitro hydrolysis of proteins. *Livestock Science, 113*, 251-261. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.04.002
17. Erjaei, K., Taghizadeh, A., Ganjkhanlou, M., Hosseinkhani, A., & Mohammadzadeh, H. (2018). Eeffcts of lactic acid-treated barley and dietary fat source on performance, milk fatty acid profils, and microbial protein synthesis in lactating Holstein cows. *Journal of Ruminant Research, 7* (1), 59-76. DOI:10.22069/ejrr.2019.15710.1655
18. Hale, W. H. 1980. Digestion Physiology and Nnutrition of Ruminants. O & B. Book, Inc., Corvallis, OR, 3, 19-35.
19. Jordaan, J. D. (2004). The influence of bedding material and collecting period on the feeding value of broiler and layer litter. M. Sc. Dissertation, Free State University. South Africa.
20. Khalid, M. F., Sarwar, M., Rehman, A. U., Shahzad, M. A., & Mukhtar, N. (2012). Effect of Dietary Protein Sources on Lamb's Performance: A Review. *Iranian Journal of Applied Animal Science, 2*, 111-120.
21. Khalesizadeh A., Vakili, A. R., Danesh Mesgaran, M., & Valizadeh, R. (2011). The effects of garlic oil (*Allium sativa*), turmeric powder (*Curcuma iongalinn*) and monensin on total apparent digestibility of nutrients in Baloochi lambs. *International Journal of Biological, Bimolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, 5*(11), 791-793.
22. Koenig, K. M., Beauchemin, K. A., & Rode, L. M. (2003). Effect of grain processing and silage on microbial protein synthesis and nutrient digestibility in beef cattle fed barley-based diets. *Journal of Animal Science, 81*, 1057-1067. DOI: 10.2527/2003.8141057x
23. Kiran, D., & Mutsvangwa, T. (2007). Effects of barley grain processing and dietary ruminally degradable protein on urea nitrogen recycling and nitrogen metabolism in growing lambs. *Journal of Animal Science, 85*, 3391–3399. DOI: 10.2527/jas.2007-0081
24. Kyriazakis, I., & Oldham, J. D. (1997). Food intake and diet selection in sheep: The effect of manipulating the rate of digestion of carbohydrates and protein of the feeds offered as a choice. *British Journal of Nutrition, 77*, 243-254. DOI: 10.1079/bjn19970027
25. Kowalczyk, j. (1977). Maximizing NPN use in feeding systems based on agro-industrial by-products. Chapter 12. F. A. O, ROME. ISBN. 92-5-000431-1.
26. Kim, S. C., Kim, J. H., Kim, C. H., Lee, J. C., & Ko, Y. D. (2000). Effects of whole crop corn ensiled with cage layer manure on nutritional quality and microbial protein synthesis in sheep. *Asian-Australian Journal of Animal Science, 13*, 1548-1553. https://doi.org/10.5713/ajas.2000.1548
27. Larbi, A., Smith, J. W., Kurdi, I. O., Adekunle, I. O., Raji, A. M., & Ladipo, D. O. (1998). Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humid tropics. *Animal Feed Science and Technology, 72*(1-2), 81-96. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00170-3
28. López-Soto, M. A., Barreras, A., & Calderón-Cortés, J. (2014). Effects of forage level in broiler litter-based diets on feed intake, digestibility and particulate passage rate in Holstein steers at different live weights. *Animal Feed Science and Technology, 62*, 163-177. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)00967-4
29. Menke, K. H., & Steingass, H. (1998). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Reseach and Development, 28*(1), 7-55.
30. Matison, G. W. (1996). Effects of processing on the utilization of grain by cattle. *Animal Feed Science and Technology. 58*, 113-125.
31. Mirmohammadi, D., Rouzbehan, Y., & Fazaeli, H. (2015). The effect of the inclusion of recycled poultry bedding and the physical form of diet on the performance, ruminal fermentation, and plasma metabolites of fattening

lambs. *Journal of Animal Science*, *93*, 3843-3853. DOI: 10.2527/jas.2014-8789
32. McAllister, T. A., & Chen, K. J. (1992). Effect of Formaldehyde treated barley or escape protein on nutrient digestibility growth and carcass traits of feedlot lambs. *Journal of Animal Science, 72*, 309-316. DOI:10.4141/cjas92-039
33. Nazem, K., Rozbehan, Y., & Shodjaosadati, S. (2008). The Nutritive Value of Citrus Pulp (Lemon and Orange) Treated with Neurospora sitophila. *Journal of Water and Soil Science, 12* (43), 495-505. (In Persian). 20.1001.1.22518517.1387.12.43.42.0
34. Negesse, T., Patra, A. K., Dawson, L. J., Tolera, A., Merkel, R. C., Sahlu, T., & Goetsch, A. L. (2007). Performance of Spanish and Boer Spanish doelings consuming diets with different levels of broiler litter. *Small Ruminant Research, 69*, 187-197. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.01.008
35. Najafi, S., Tabatabaei, M., Zaboli, K., Ahmadi, A., & Saki, A. A. (2017). Interaction between barley grain processing and source of dietary nitrogen on digestibility, nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in Mehraban sheep. *Animal Production Research*, *6*, 39-51. (In Persian). DOI:10.22124/ar.2017.2189
36. Norton, B. W. (1994). Nutritive value of tree legumes. *Forage tree legumes in tropical agriculture, CAB International, Oxon,* 389 pp.
37. Ørskov, E. R., & Mcdonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science, 92*, 499-503. DOI: https://doi.org/10.1017/S0021859600063048
38. Orskov, E. R. (1992). Protein Nutrition in Ruminants (1st Ed.). United State: Academic Press, INC, San Diego.
39. Pathak, A. K. (2008). Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. *Veterinary World*, *1*(6), 186- 189.
40. Papi, N., Fazaeli, H., & Azizi-Shotorkhoft, A. (2013). Effect of supplementing roughage diet with processed broiler litter on voluntary feed intake, microbial protein synthesis and nitrogen balance in sheep. *Pajuhesh and Sazandegi Journal, 98*, 56-63. (In Persian).
41. Pathak, A. K. (2008). Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. *Veterinary World*, *1*(6), 186- 189.
42. Parand, E., & Taghizadeh, A. (2010). Examination of digestibility of processed barley grain with different methods, using gas production technique with two sources of inocola. *Journal of Animal Science Research, 40*, 23-35. (In Persian).
43. Pozdíšek, J., & Vaculová, K. (2008). Study of wheat (*Triticum aestivum* L.) quality for feeding ruminants using *in vitro* and in vivo methods. *Czech Journal of Animal Science, 53*, 253-264. DOI: 10.17221/359-CJAS
44. Razm-Azar, V., Torbatinejad, N. M., Seifdavati, J., & Hassani, S. (2012). Evaluation of chemical characteristics, rumen fermentation and digestibility of Vicia sativa, Lathyrus sativus and Vicia ervilia grain by *in vitro* methods. *Journal of Animal Science Researches, 22*(2), 107-119. (In Persian).
45. Rapetti, L., & Bava, L. (2004). Effect of grinding of maize and level of starch on digestibility and lactation performance of Saanen goats. *South African Journal of Animal Science, 34*, 85-88. https://hdl.handle.net/10520/EJC94392
46. Rahimi, M. R., Alijo, Y. Y., Pirmohammadi, R., & mirzaei, A. (2018). Effects of feeding with broiler litter in pellet-form diet on qizil fattening lambs performance, nutrient digestibility, blood metabolites and husbandry economics. *Veterinary Research Forum, 9*, (3) 245-251. https://doi.org/10.30466/vrf.2018.32081
47. Sadeghi, A. A., & Shawrang, P. (2008). Effects of microwave irradiation on ruminal dry matter, protein and starch degradation characteristics of barley grain. *Animal Feed Science Technology, 141*,184-194. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.034
48. SAS Institute In, (2001). SAS users guide statistical analyses systems institute. Cary, NC, USA
49. Swan, C. G., Bowman, J. G. P., Martin, J. M., & Giroux, M. J. (2006). Increased puroindoline levels slow ruminal digestion of wheat (Triticum aestivum L.) starch by cattle. *Journal of Animal Science*, *84*, 641.650. https://doi.org/10.2527/2006.843641x
50. Sinclair L. A., Garnsworthy, P. C., Newbold, J. R., & Buttery, P. J. (1993). Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of Agricultural Science, 120*, 251-263. DOI: https://doi.org/10.1017/S002185960007430X
51. Tothi R., Lund, P., Weisbjerg, M. R., & Hvelplund, T. (2003). Effect of expander processing on fractional rate of maize and barley starch degradation in the rumen of dairy cows estimated using rumen evaluation and in situ techniques. *Animal Feed Science and Technology*, *104*, 71-94. DOI:10.1016/S0377-8401(02)00292-4
52. Valentin, S. F., Williams, P. E. V., Forbes, J. M., & Sauvant, D. (1999). Comparison of the *in vitro* gas production technique and the nylon bag degradability technique to measure short-and long-term processes of degradation of maize silage in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, *78*, 81-99. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00262-4
53. Vaithiyanathan, S., Bhatta, R., Mishra, A. S., Prasad, R., Verma, D. L., & Singh, N. P. (2006). Effect of feeding graded levels of prosopis cineraria leaves on rumen ciliate protozoa, nitrogen balance and microbial protein

synthesis in lambs and kids. DOI:10.1016/J.SMALLRUMRES.2005.09.027
54. Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharide in relation to animal soybean meal on nitrogen utilization by ruminants. *Journal of Animal Science, 63*, 879-886.
55. Vanzant, E. S., Cochran, R. C., & Titgemeyer, E. C. (1998). Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science, 76*, 2717-2729. DOI:10.2527/1998.76102717x
56. Wilson, J. P., Gates, R. N., & Hanna, W. W. (1991). Effect of rust on yield and digestibility of pearl millet forage. *Phytopathology, 81*, 233–236.
57. Wolin, M. J. (1960). A theoretical rumen fermentation balance. *Journal of Dairy Science, 43*(10), 1452-1459. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(60)90348-9
58. Yoon, C. S., Lee, N. H., & Gung, K. K. (1986). The effect of corn or barley plus urea and soybean meal on microbial protein production in the rumen of sheep. *Korean Journal of Animal Science, 28*, 588-596.